

INTÉRÊT DES ONDES DE CHOC (ESWT : Extracorporeal Shock Wave Therapy) dans le traitement des arthropathies calcifiantes

C. ISERENTANT (1), J.M. CRIELAARD (2)

RÉSUMÉ : Les ondes de choc (ESWT), régulièrement utilisées dans le secteur de l'urologie, seraient actuellement indiquées dans le traitement de certaines pathologies calcifiantes des tissus mous.

Une revue de la littérature présente les différentes caractéristiques physiques, modes d'action et effets secondaires de ces ondes acoustiques, tout en précisant leurs différentes indications cliniques.

MOTS-CLÉS : ESWT - Ondes de choc - Pathologies calcifiantes

EXTRACORPOREAL SHOCK WAVE THERAPY VALUE IN CALCIFIC SOFT TISSUE PATHOLOGIES.

SUMMARY : Extracorporeal Shock Wave Therapy (ESWT) regularly used in Urology finds at present an indication for the treatment of soft tissue calcifications.

A literature review presents the physical characteristics, action mode and side effects; it also outlines some of the clinical indications.

KEYWORDS : ESWT - Shock wave - Calcific pathology

INTRODUCTION

L'onde de choc correspond à une onde acoustique traversant rapidement un milieu donné et ce, sur une longue distance. Cette énergie mécanique, utilisée notamment comme source de signal (mesure de distances en mer...), peut également assurer la destruction de certains matériaux durs (recyclage du verre...), cette seconde propriété est utilisée en médecine.

La recherche clinique débute en Allemagne et c'est en 1971 que la première désintégration à distance d'une lithiase rénale réussit *in vitro* (1). Les ondes de choc permettent le traitement des pseudarthroses en 1988 grâce à leur potentiel ostéogénique (2, 3).

La lithotripsie de diffusion mondiale s'impose ensuite pour le traitement des lithiases rénales (1).

L'utilisation des ondes de choc s'oriente maintenant vers le traitement de certaines pathologies de l'appareil locomoteur.

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

L'onde acoustique s'exprime mathématiquement par un pic de pression, positif, rapide, atteignant jusqu'à 120 MPa (Pascal, unité de mesure de pression) et de l'ordre de la nanoseconde pouvant éventuellement être suivi par un pic négatif.

Elle présente une courte demi-vie (< 10 msec) et un spectre de fréquence de 16 à 20 MHz (Fig. 1).

Les principaux paramètres physiques de l'onde acoustique sont les suivants :

- le champ de pression, maximal au centre de focalisation.

- l'aire de focalisation, le plus souvent ellipsoïde.
- la densité du flux énergétique exprimée en mmJ/mm².
- l'énergie totale appliquée qui, par session de traitement, correspond à l'énergie acoustique totale par pulsation multipliée par le nombre de pulsations par session.

Les traitements sont définis par la fréquence de leurs pulsations (de 1 à 4 Hz.), leur niveau énergétique, le nombre de pulsations et de sessions.

Un générateur (électrohydraulique, électromagnétique ou piézoélectrique) détermine les caractéristiques physiques de l'onde de choc.

Celle-ci, générée dans de l'eau, sera transférée au corps humain par contact à l'aide d'un gel afin de ne pas perdre d'énergie par atténuation ou réflexion.

L'onde peut également provenir d'un générateur pneumatique (ondes de chocs radiales -

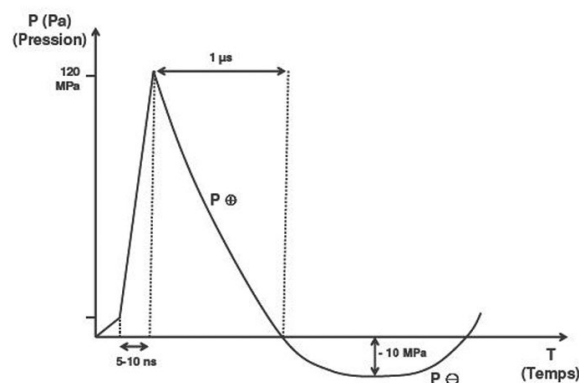


Figure 1 : Caractéristiques physiques de l'onde de choc : représentation schématique du pic de pression (Pa) en fonction du temps (secondes).

(1) Assistante, (2) Professeur ordinaire ULg, Chef de Service, Service de Médecine de l'Appareil locomoteur, CHU Sart Tilman, Liège.

TABLEAU I. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'UTILISATION D'UN GÉNÉRATEUR

Générateurs (Speed et al) (5)	Avantages	Inconvénients
Electrohydraulique	Large étendue de pics de pression	Pression et forme de la pulsation parfois fluctuantes. Durée de vie limitée.
Piézoélectrique	Longue durée de vie. Bonne focalisation. Possibilité de traitement de faible énergie.	Pics de pression élevés. La faible énergie induit parfois des traitements répétitifs voire inefficaces Système de navigation difficile à coupler.
Electromagnétique	Larges pics de pressions. Pénétration profonde possible. Focalisation précise. Large ouverture au niveau cutané réduisant potentiellement les effets secondaires. Dispositif cylindrique facilitant l'incorporation d'un système de navigation.	Coût élevé.
Pneumatique RSWT = Radial Shock Wave Therapy (4)	Gel de couplage facultatif. Faible énergie. Large zone d'action en forme de cône. Pénétration peu profonde (3 à 3,5 cm).	La faible énergie, la pénétration peu profonde ainsi que la large zone d'action rendent parfois le traitement peu efficace et peu précis

RSWT) (4) grâce à un percuteur propulsé par de l'air comprimé (Tableau I).

PHYSIOPATHOLOGIE

La transmission non invasive d'énergie mécanique peut provoquer la destruction d'une structure donnée par la combinaison variable d'effets direct et indirect (5).

La génération directe de la force mécanique provient du pic positif de grande amplitude et courte durée; l'effet de cavitation (effet indirect), correspondant à l'implosion successive de bulles de cavitation, survient pendant la phase négative.

C'est à la limite entre deux matériaux de densité différente que les effets biologiques s'expriment le plus en raison d'une perturbation dans la symétrie d'implosion de ces bulles de cavitation.

Les effets secondaires découlent de la phase négative avec chute de pression locale et formation de bulles qui provoqueront d'autres ondes de choc lors de leur implosion.

MODE D'ACTION

Les ondes de choc permettraient une analgésie durable et participeraient à la cicatrisation des tissus via des micro-lésions au sein d'un tissu a ou hypo-vasculaire.

L'effet antalgique immédiat et/ou anti-inflammatoire local découlerait de modifications biochimiques, d'altérations membranaires, de lésions cellulaires directes, et du «gate control» (6).

L'effet à plus long terme s'expliquerait par la fragmentation d'amas calciques, ainsi que par une stimulation directe des processus de cicatrisation et de l'ostéogenèse (2, 3).

L'onde de choc pourra engendrer des effets bénéfiques ou délétères en fonction des paramètres physiques programmés (Tableau II).

EFFETS SECONDAIRES

Les complications les plus fréquentes consistent en : douleur locale, possibles hématomes

TABLEAU II. EFFETS DE L'ONDE DE CHOC

Bénéfiques	Délétères	
Néovascularisation (7)	Stimulation directe et/ou cavitation	Lésions hémorragiques (8)
Stimulation ostéogenèse		Libération de radicaux libres
Libération d'endorphines		Lésions cellulaires
Fragmentation calcique		
Effet antinociceptif	Augmentation perméabilité cellulaire (9)	Mort cellulaire
^c Théorie du «Gate Control» (6)	Stimulation neurologique	Arythmies, paresthésies

superficiels, survenue d'un œdème ou encore de paresthésies.

Des migraines, syncopes, nausées, hyperventilation, pics d'HTA (> 200 mmHg) et arythmie ont été décrits (10, 11).

L'utilisation d'ondes de choc de haute énergie pourrait induire des lésions macroscopiques (> 0,6 mJ/mm²).

Les contre-indications comprennent classiquement : grossesse, néoplasie, infection, algoneurodystrophie, troubles de la coagulation, anticoagulants, région thoracique, troncs nerveux ou axes vasculaires.

Le traitement ne sera pas conseillé chez les enfants (12).

ETUDES CLINIQUES

RSWT

Différentes études témoignent de l'efficacité des RSWT par rapport à un placebo dans le traitement des épicondylites, épines calcanéennes et aponévrosites plantaires avec un traitement non invasif, peu coûteux et d'efficacité identique aux ESWT (4).

Cependant, aucune étude n'a été réalisée sur le long terme; de même qu'aucune publication ne compare l'efficacité respective des générateurs.

ESWT

Les résultats variables des études randomisées découlent probablement de multiples facteurs : le matériel (différents générateurs), les modalités thérapeutiques, la pathologie (calcifiante ou non, sa durée d'évolution...) et le protocole (populations, échelles d'évaluation, ...) (5).

Efficace pour le traitement des tendinopathies calcifiantes de l'épaule, de l'épicondyle et fasciites plantaires, il s'avère inutile dans le traitement des tendinopathies non calcifiées du sus-épineux (13).

Les calcifications supérieures à 1,5 cm sont fragmentées et secondairement résorbées (14).

Les études relatives aux tendinopathies rotuliennes et achilléennes démontrent une efficacité satisfaisante avec un résultat similaire au traitement chirurgical pour la tendinopathie rotulienne à 6 mois (15). La présence d'une néovascularisation tendineuse serait un élément positif pour l'efficacité du traitement (16).

L'étude du traitement de la nécrose aseptique de la tête fémorale, de l'ostéochondrite dissé-

quante, des ossifications hétérotopiques, de l'hypertonie post-AVC... est en cours (17, 18).

CONCLUSIONS

Les ondes de choc sont indiquées pour le traitement des lithiases qu'elles soient rénales, biliaires ou salivaires ainsi que pour le traitement des pseudarthroses, des tendinopathies calcifiantes de l'épaule, de l'épicondyle et des épines calcanéennes, mais elles auraient également un avenir prometteur en cas de tendinopathies rotuliennes et achilléennes.

Cette technique non invasive complète les traitements classiques dans un certain nombre d'applications avec un haut degré de sécurité (en respectant les contre-indications ainsi que les protocoles).

Un système de navigation optimise les résultats par une focalisation plus précise (14).

Les tendinopathies non calcifiantes n'y trouvent actuellement aucun bénéfice.

Des études multicentriques randomisées en double aveugle devraient préciser les indications, adapter les paramètres physiques et comparer les résultats avec ceux d'un groupe contrôle bénéficiant de traitements classiques et/ou chirurgicaux.

BIBLIOGRAPHIE

1. Shrivastava SK, Kailash.— Shock wave treatment in medecine. *J Biosci*, 2005, **30**, 269-275.
2. Valnachou VD, Michailov P.— High energy shock waves in the treatment of delayed and non union fractures. *Int Orthop*, 1991, **15**, 181-184.
3. Haupt G.— Use of extracorporeal shock waves in the treatment of pseudarthrosis, tendinopathy and other orthopedic diseases. *J Urol*, 1997, **158**, 4-11.
4. De Labareyre H, Saillant G.— Evaluation de l'efficacité des traitements par ondes de choc radiales sur les tendinopathies du membre inférieur chez le sportif. *Le Spécialiste de Médecine du Sport au service des praticiens*, 2000, 34-40.
5. Speed CA.—Extracorporeal shock-wave therapy in the management of chronic soft-tissue conditions. *J Bone Joint Surgery*, 2004, **86**, 165-171.
6. Schelling G, Delius M, Gschwender M et al.— Extracorporeal shock waves stimulate frog sciatic nerves indirectly via a cavitation mediated mechanism. *Biophys J*, 1994, **66**, 133-140.
7. Wang CJ, Wang FS, Yang KD et al.— Shock wave therapy induced neovascularisation at the tendon bone junction. A study in rabbits. *J Orthop Res*, 2003, **21**, 984-989.
8. Sistermann R, Katthagen BD.— Complications, side effects and contraindications in the use of medium and high-energy extracorporeal shockwaves in orthopaedics. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 1998, **136**, 175-181.

9. Steinbach P, Hofstadter F, Nicolai H et al.— In vitro investigations on cellular damage induced by high energy shock waves. *Ultrasound Med Biol*, 1992, **18**, 691-699.
10. Dalecki D, Keller BB, Carstensen E et al.— Thresholds for premature ventricular contraction in frog hearts exposed to lithotripter fields. *Ultrasound Med Biol*, 1991, **17**, 341-346.
11. Delius M.— Medical applications and bioeffects of extracorporeal shock waves. *Shock Waves*, 1994, **4**, 55-72.
12. De Labareyre H, Saillant G.— Ondes de choc radiales : intérêt dans le traitement des tendinopathies. *Médecins du sport*, 2002, 28-31.
13. Schmitt J, Haake M, Tosch A, et al.— Low-energy extracorporeal shock-wave treatment (ESWT) for tendinitis of the supraspinatus. *J Bone and Joint Surgery (Br)*, 2001, **83**, 873-886.
14. Sabeti-Aschraf M, Dorotka R, Goll A, et al.— Extracorporeal shock wave therapy in the treatment of calcific tendinitis of the Rotator Cuff. *The American Journal of Sports Medicine*, 2005, **33**, 1365-1368.
15. Peers K, Lysens R, Brys P, et al.— Cross-sectional Outcome analysis of athletes with chronic patellar tendinopathy treated surgically and by extracorporeal shock wave therapy. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2003, **13**, 79-83.
16. Peers K.— Extracorporeal shock wave therapy in chronic Achilles and patellar tendinopathy. *Thesis Acta Biomedica Lovaniensia* 2003.
17. Ludmig J, Lauber S, Lauber J, et al.— Stobwellenbehandlung der Hüftkopfnecrose des Erwachsenen. *Z. Orthop. Ihre Grenzgeb*, 1999, **137**, 141-145.
18. Heidersdorf S, Lauber S, Lauber HJ, et al.— Osteochondritis dissecans in musculoskeletal shockwave therapy. *Greenwich Medical Ltd ISBN*, 2000, **1**, 255-261.
19. Cosentino R, Selvi E, De Stefano R, et al.— Extracorporeal shock wave therapy for chronic calcific tendinitis of the shoulder. *Clin Rheumatol*, 2004, **23**, 475-477.
20. Ogden Ja, Alvarez RG, Lewitt R, et al.— Shock wave therapy (orthotripsy) in musculoskeletal disorders. *Clin Orthop*, 2001, **387**, 22-40.
21. Chen YJ, Wang CJ, Yang KD, et al.— Extracorporeal shock waves promote healing of collagenase-induced Achilles tendinitis and increase TGF-B1 and IGF-I expression. *Journal of Orthopaedics Research*, 2004, **22**, 854-861.
22. Moretti B, Garofalo R, Genco S, et al.— Medium-energy shock wave therapy in the treatment of rotator cuff calcifying tendinitis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2005, **13**, 405-410.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au Docteur Iserentant C, Service de Médecine Physique Polyclinique -2, CHU Sart Tilman, 4000 Liège, Belgique - email : adepaifve@ulg.ac.be